

Influencia de un pienso con castañas y pulpa de remolacha azucarera en la composición lipídica del lacón gallego

Por Ángel Cobos,* Adán Veiga y Olga Díaz

Área de Tecnología de Alimentos. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología.
Facultad de Ciencias. Universidad de Santiago de Compostela. 27002 Lugo. España
(* autor para la correspondencia: cobusa@lugo.usc.es)

RESUMEN

Influencia de un pienso con castañas y pulpa de remolacha azucarera en la composición lipídica del lacón gallego.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la inclusión de castañas y pulpa de remolacha en la alimentación del cerdo sobre diferentes aspectos lipídicos de los músculos externos e internos de los lacones gallegos. Dicha inclusión no modificó el contenido de lípidos, ni la proporción de glicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos libres; sin embargo, sí causó un descenso de los valores del índice de oxidación TBA. No se observaron cambios importantes en la composición de ácidos grasos de los glicéridos. Los lacones de cerdos alimentados con castaña y pulpa de remolacha presentaron un significativo mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados en las fracciones de fosfolípidos y, sobre todo, en la de ácidos grasos libres, lo cual podría atribuirse a un descenso de los niveles de oxidación.

PALABRAS-CLAVE: Ácidos grasos – Alimentación del cerdo – Castañas – Lacón curado – Lípidos, oxidación.

SUMMARY

Influence of a diet with chestnuts and sugar beet pulp on the lipid composition of "lacón gallego" (dry-cured pork foreleg).

The objective of this study was to determine the influence of the inclusion of chestnuts and sugar beet pulp in pigs' diets on the lipid composition of the external and internal muscles of dry-cured pork forelegs. This inclusion did not modify the lipid content and the glycerides, phospholipids and free fatty acid proportions of the internal and external muscles of dry-cured pork forelegs; however, it caused a significant decrease in the values of oxidation index TBA. No important changes were observed in fatty acid composition of glycerides. The dry-cured pork forelegs from pigs who received a diet with chestnuts and sugar beet pulp showed higher proportions of polyunsaturated fatty acids in phospholipid and free fatty acid fractions than dry-cured pork forelegs from pigs fed a conventional diet; this could be due to a decrease in the oxidation levels.

KEY-WORDS: Chestnuts – Dry-cured foreleg – Fatty acids – Lipids, oxidation – Pig diet.

1. INTRODUCCIÓN

El lacón gallego se elabora con la extremidad delantera del cerdo cortada a nivel de la articulación escapulo-humeral siguiendo un proceso tecnológico similar a la del jamón serrano (salado, lavado, post-salado y secado o curado), aunque la duración de estas etapas es inferior (Veiga *et al.*, 2003). Desde el año 2001, este producto cárnico del cerdo cuenta con el reconocimiento de la Unión Europea como Indicación Geográfica Protegida (IGP) Lacón Gallego (Comisión de las Comunidades Europeas, 2001). En los lacones elaborados bajo el auspicio del Consejo Regulador de la IGP se controla desde la alimentación de los cerdos hasta la venta al consumidor. Los piensos son autorizados por el Consejo Regulador y están constituidos fundamentalmente por cereales (cebada, maíz y trigo). Los lacones controlados por dicha IGP están bien valorados sensorialmente; sin embargo, se ha observado que la sustitución en la alimentación de los cerdos de parte de estos cereales por castaña y pulpa de remolacha ha dado lugar a lacones aún mejor valorados por los consumidores habituales (Cobos *et al.*, 2003). Estos lacones se comercializan en la actualidad con la denominación de Lacón Gallego Tradicional. Este producto surgió para recuperar parte de la alimentación tradicional de los cerdos en Galicia. Clásicamente, el campesino tenía uno o más cerdos en su explotación destinados al consumo familiar y en la alimentación recibida por estos animales se empleaban ciertos productos de la agricultura como berzas, nabos, castañas, remolacha, bellota, granos y subproductos. Ante la imposibilidad de implantar en Galicia un sistema competitivo de crianza extensiva debido al minifundio existente, se procedió a recuperar algunos de estos productos mediante su inclusión en el pienso para cerdos.

Las características sensoriales de los productos cárnicos curados dependen de una manera importante de la grasa de la carne (contenido, composición de ácidos grasos, etc.) y de la lipólisis y oxida-

ción que ocurre durante su elaboración (Gandemer, 2002). Muchos de estos factores están muy relacionados con la alimentación del cerdo. Así, en el jamón Ibérico se ha observado que la cantidad de lípidos, composición de ácidos grasos y nivel de antioxidantes de los alimentos que consumen los animales influyen en el contenido de grasa intramuscular, en el nivel de ácido oleico/esteárico y en una menor oxidación lipídica, todo lo cual afecta de una manera positiva a las características sensoriales (Ventanas *et al.*, 2007).

Por tanto, la mejora sensorial de los lacones procedentes de cerdos alimentados con castañas y pulpa de remolacha podría deberse a una distinta composición lipídica de la carne como su perfil de ácidos grasos, nivel de oxidación, etc. En este sentido, se sabe que las castañas poseen una gran variedad de antioxidantes tales como α -tocoferol, ácidos fenólicos (gálico y elágico), ascórbico y otros ácidos orgánicos (Beaubatie, 1979; Desmaison y Adrian, 1986; Kim *et al.*, 2002; Yook *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2007), lo cual podría afectar a la oxidación de los lacones. Hasta el momento no se ha estudiado el efecto de la alimentación con castañas y pulpa de remolacha en las características lipídicas de una salazón cárnica.

El objetivo de este trabajo fue determinar la influencia de la sustitución parcial de cereales por castaña y pulpa de remolacha en diferentes aspectos lipídicos (contenido de lípidos y colesterol, índice de oxidación TBA y composición de ácidos grasos de glicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos libres) de los músculos externos e internos de los lacones gallegos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Piensos, procesamiento de los lacones y toma de muestras

Para la realización del trabajo se utilizaron 16 lacones gallegos, de los cuales 6 (Lacón Gallego, LG) procedían de otros tantos cerdos (3 hembras y 3 machos castrados) alimentados con un pienso basado en un 65% de cereales (40% de cebada y el resto maíz y trigo) y 25% de harina de soja y que está autorizado por la IGP para elaborar lacón gallego (pienso LG). Los restantes lacones (Lacón Gallego Tradicional, LGT) se elaboraron de los brazos obtenidos de 10 cerdos (5 hembras y 5 machos castrados) alimentados con un pienso en el que se redujo, respecto del anterior, la proporción de cereales, principalmente cebada, para incorporar 15% de harina de castaña deshidratada y 10% de pulpa de remolacha azucarera también deshidratada (pienso LGT). Los principales ingredientes de este pienso fueron: harina de castaña deshidratada (15,0%), pulpa de remolacha azucarera también deshidratada (10,0%), cebada (19,2%), trigo (12,0%), maíz (8,0%), gluten de maíz (5,0%) y harina de soja (25,8%). La composición química y de ácidos grasos de los piensos se muestra en la

Tabla 1, habiéndose realizado las determinaciones por métodos de la AOAC (1995).

Todos los cerdos, procedentes del cruce de hembras Large-White x Landrace y machos Pietrain, se alimentaron ad libitum durante tres meses con el pienso correspondiente, sacrificándose en un matadero comercial. Tras el despiece, se seleccionó una extremidad delantera de cada animal separada a nivel de la articulación escápulo-humeral para la elaboración de los lacones. El procesamiento de estas piezas se realizó de acuerdo con las normas de la IGP. Las piezas frescas (de 4 kg cada una aproximadamente) se frotaron con cloruro sódico con 0,1% de nitrato potásico, y se colocaron en pilas con sal gruesa a baja temperatura (2-5 °C) y alta humedad relativa (80-90%) durante 5 días. Después de lavar las piezas para quitar la sal adherida a la superficie, se colgaron en una cámara de postsalado a 2-5 °C y humedad relativa de 85% durante 15 días. Una vez finalizado el postsalado o asentamiento, se trasladaron las piezas a una cámara de secado o curado a 12 °C y 60% de humedad relativa donde permanecieron 30 días.

El estudio se realizó con muestras tomadas al final del curado de dos zonas del lacón, la primera corresponde a los músculos superficiales o externos (pectoral profundo, serrato ventral, supraespinoso y subescapular) y la segunda a los músculos profundos o internos (cabeza lateral y larga del tripeps braquial, infraespinoso y deltoides).

Tabla 1
Composición química y de ácidos grasos de los piensos

	Pienso ^a	
	LG	LGT
<i>Composición química (%)</i>		
Extracto seco	89,0	88,9
Proteína bruta	17,5	18,0
Grasa bruta	4,0	4,4
Fibra bruta	4,7	6,0
Cenizas	6,2	5,8
<i>Ácidos grasos (% del total de ácidos grasos)</i>		
C-14:0	0,52	1,22
C-16:0	18,19	19,43
C-16:1	1,15	1,53
C-17:0	0,12	0,34
C-17:1	0,10	0,15
C-18:0	5,02	7,03
C-18:1n-9	29,38	27,77
C-18:1n-7	2,13	1,67
C-18:2 n-6	38,77	36,85
C-18:3n-3	3,73	3,42
C-20:0	0,15	0,17
C-20:1 n-9	0,53	0,29
C-20:2n-6	0,18	0,11
C-20:4 n-6	0,03	0,02
AGS	24,00	28,19
AGM	33,29	31,41
AGP	42,71	40,40

^a LG: Lacón Gallego; LGT: Lacón Gallego Tradicional. AGS: Ácidos grasos saturados. AGM: Ácidos grasos monoinsaturados. AGP: Ácidos grasos poliinsaturados.

2.2. Métodos analíticos

La carne obtenida de cada muestra se trituró y mezcló en un homogeneizador (Polytron PT 10-35). Los métodos de la AOAC (1995) se utilizaron para la determinación de extracto seco, proteína y cenizas. Los lípidos se extrajeron según el método de Hanson y Olley (1963), obteniendo el contenido total por pesada.

El contenido de colesterol se determinó por un procedimiento enzimático usando un kit de laboratorio de Sigma Diagnostics según el método de Allain *et al.* (1974) con la modificación de Roeschlau *et al.* (1974). El grado de oxidación lipídica se determinó por el método del ácido-2-tiobarbitúrico (TBA) descrito por Pikul *et al.* (1983). Los lípidos intramusculares (100 mg) se fraccionaron en lípidos neutros (principalmente glicéridos), ácidos grasos libres y lípidos polares (fundamentalmente fosfolípidos) por extracción en fase sólida, utilizando para ello minicolumnas de polipropileno de 1 ml de capacidad y rellenas de NH_2 -aminopropil, siguiendo el método descrito por Kaluzny *et al.* (1985). Las cantidades de glicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos libres se determinaron gravimétricamente (Vaghela y Kilara, 1995) y los resultados se expresaron como porcentaje del peso total obtenido.

La composición de ácidos grasos de glicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos libres se determinaron por cromatografía de gases de los ésteres metílicos preparados en condiciones básicas (KOH: metanol) para glicéridos y fosfolípidos; y condiciones ácidas (H_2SO_4 : metanol) para la fracción de ácidos grasos libres. El cromatógrafo de gases fue un Hewlett-Packard (HP 5890) equipado con un detector de ionización de llama (FID) y un registrador-integrador Hewlett-Packard HP3394A. Se utilizó una columna capilar de 30 m. de longitud y con un diámetro interno de 0,25 mm, empaquetada con OV-225 (0,1 μm) sobre sílica fundida. La temperatura del horno se programó de la siguiente manera: 150 °C durante 2 minutos; rampa de 4 °C/min hasta 210 °C; período isotérmico final durante 15 minutos. El inyector y el detector permanecieron a 250 °C. El integrador utilizado era un Hewlett-Packard HP3394A.

La identificación de los ésteres metílicos de ácidos grasos se llevó a cabo basándose en los tiempos de retención y su comparación con los tiempos de retención de los ésteres metílicos de referencia (Sigma). Las proporciones de ácidos grasos se expresaron como porcentaje del área total de los ésteres metílicos inyectados (Cobos *et al.*, 2004).

2.3. Análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó el programa SPSS versión 14.0. para Windows (2005). El estudio del efecto de la alimentación (LG y LGT), de la localización muscular (externa o interna) y de su interacción se realizó mediante análisis de varianza de dos vías por el procedimiento del modelo lineal general univariante. Las medias se compararon usando el test de Scheffé a nivel de significancia de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra el extracto seco y la composición lipídica de los lacones estudiados. No se observaron diferencias en el contenido de extracto seco entre los mismos músculos de los dos tipos de lacones (LG y LGT). Ambos se elaboraron siguiendo las mismas condiciones, tanto de tiempo como temperatura y humedad relativa en los distintos pasos del proceso, de ahí que no haya diferencias en sus valores de humedad. La zona externa presentó mayor valor (50%) de materia seca que la zona interna (alrededor del 40%). En otros estudios sobre lacones gallegos (Veiga *et al.*, 2003; Cobos *et al.*, 2004), los músculos externos también presentaron mayores cantidades de extracto seco que los internos, aunque los valores en ambas zonas fueron inferiores que los aquí encontrados; esto se debe al mayor tiempo de curado en los lacones analizados en este estudio (30 días) que en los de los artículos anteriores (15 días). Marra *et al.* (1999), en lacones con mayor período de curado (1,5 meses), encontraron altos contenidos de extracto seco (50%).

Tabla 2
Contenido de extracto seco y composición lipídica (media \pm desviación típica) de la carne de los dos tipos de lacón gallego [Lacón Gallego (LG) y Lacón Gallego Tradicional (LGT)]

	Músculos internos		Músculos externos		Efecto ³		
	LG	LGT	LG	LGT	Pienso	Músculos	Interacción
Extracto seco (g/100 g carne)	41,27 \pm 3,26 ^a	39,16 \pm 4,59 ^a	50,33 \pm 1,99 ^b	50,67 \pm 2,33 ^b	NS	***	NS
Lípidos (g/100 g carne)	4,38 \pm 0,66 ^a	6,13 \pm 1,64 ^a	11,41 \pm 2,56 ^b	10,78 \pm 2,06 ^b	NS	***	NS
Colesterol (g/100g lípidos)	1,49 \pm 0,30 ^a	1,07 \pm 0,19 ^b	1,14 \pm 0,35 ^{ab}	1,07 \pm 0,24 ^b	*	NS	NS
Glicéridos (g/100g lípidos)	72,39 \pm 3,12	72,50 \pm 3,46	73,41 \pm 2,78	74,15 \pm 4,12	NS	NS	NS
Ácidos grasos libres (g/100g lípidos)	11,83 \pm 2,70	12,13 \pm 2,06	13,28 \pm 1,87	12,6 \pm 2,61	NS	NS	NS
Fosfolípidos (g/100g lípidos)	15,78 \pm 0,79	15,37 \pm 3,18	13,31 \pm 2,09	12,46 \pm 2,43	NS	**	NS
Valor de TBA (mg MDA ^b /kg lípidos)	133,15 \pm 45,01 ^a	83,27 \pm 26,85 ^b	153,73 \pm 26,00 ^a	83,80 \pm 23,68 ^b	***	NS	NS

^a Niveles de significancia: NS, no significativo, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Medias con distintas letras en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,05$). ^b MDA: malonaldehído.

No se observó influencia de la alimentación en la cantidad de lípidos de los músculos de los lacones, siendo el contenido graso significativamente mayor en la zona externa que en la interna. Respecto del contenido de colesterol, los músculos internos de los lacones LG presentan un mayor valor, aunque dicha diferencia puede deberse al menor contenido lipídico de estos músculos. En este sentido, Hoelscher *et al.* (1988) observaron que cuando la grasa intramuscular aumenta no hay cambios en el contenido total de colesterol.

Los lacones LG presentan un alto valor del índice de oxidación TBA, mayor que en otros trabajos (Veiga *et al.*, 2003; Cobos *et al.*, 2004), probablemente relacionado con el diferente tiempo de curado. Además, se aprecia una influencia significativa de la inclusión de castaña y pulpa de remolacha en la alimentación del cerdo en el índice de TBA de los lípidos. Los lacones LGT mostraron menores valores de TBA que los LG, lo cual probablemente se deba a los antioxidantes aportados por las castañas.

No se observó influencia de la alimentación en el contenido de glicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos libres de los músculos de los lacones. La cantidad de estos componentes está influida por el contenido de lípidos y el índice de lipólisis. Como se ha señalado, no hay diferencias en el contenido total de lípidos, y al seguir ambos tipos de lacones (LG y LGT) el mismo proceso de elaboración, la lipólisis, y por tanto, la liberación de ácidos grasos libres, debe ser similar. Los valores de ácidos grasos libres (11,8-13,3%) son algo superiores a los en-

contrados en otros trabajos en lacones curados (Veiga *et al.*, 2003; Cobos *et al.*, 2004), donde el contenido de ácidos grasos libres estuvo comprendido entre 10,2 y 11,7%, lo que se debe, como sucedía en los valores de extracto seco y TBA, al mayor tiempo de curado aquí empleado, que hace que se produzca una mayor lipólisis.

La composición de ácidos grasos de los glicéridos se muestra en la tabla 3. Sólo se observaron diferencias significativas entre LG y LGT en los ácidos grasos minoritarios C-14:0, C-20:4 y C-22:5. Por tanto, la inclusión de castaña y pulpa de remolacha en la alimentación del cerdo no influyó de una manera importante en la composición de la grasa de depósito. Este resultado se debe al similar contenido de grasa y de ácidos grasos de los dos piensos empleados (LG y LGT) (Tabla 1). Sin embargo, en comparación con los glicéridos de otros lacones elaborados según las normas de la IGP (Veiga *et al.*, 2003), destaca el mayor contenido de ácido oleico (C-18:1n-9) en los glicéridos de los lacones LG y LGT (con valores entre 41 y 43%) lo que se refleja en un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados (49-52%) y el menor de ácido linoleico (C-18:2n-6). Estas diferencias probablemente se deben a que los piensos empleados en este trabajo (LG y LGT) presentaran un mayor contenido de ácido oleico y menor de ácido linoleico.

En la tabla 4 se muestra la composición de ácidos grasos de los fosfolípidos, observándose como LGT presentó un menor contenido de ácido palmítico (C-16:0) y ácido esteárico (C-18:0) y por tanto,

Tabla 3

Perfiles de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) (media \pm desviación típica) de la fracción de glicéridos de la carne de los dos tipos de lacón gallego [Lacón Gallego (LG) y Lacón Gallego Tradicional (LGT)]

	Músculos internos		Músculos externos		Efecto ^a		
	LG	LGT	LG	LGT	Pienso	Músculos	Interacción
C-14:0	1,29 \pm 0,11	1,44 \pm 0,15	1,37 \pm 0,09	1,48 \pm 0,23	*	NS	NS
C-16:0	23,94 \pm 0,81	23,79 \pm 0,90	24,64 \pm 0,89	23,98 \pm 0,76	NS	NS	NS
C-16:1 n-9	0,38 \pm 0,05	0,35 \pm 0,08	0,36 \pm 0,05	0,40 \pm 0,05	NS	NS	NS
C-16:1 n-7	3,01 \pm 0,22	2,80 \pm 0,36	2,64 \pm 0,20	2,63 \pm 0,34	NS	*	NS
C-17:0	0,20 \pm 0,05	0,26 \pm 0,13	0,24 \pm 0,04	0,26 \pm 0,08	NS	NS	NS
C-17:1	0,22 \pm 0,06	0,24 \pm 0,05	0,23 \pm 0,07	0,27 \pm 0,07	NS	NS	NS
C-18:0	11,79 \pm 0,96	11,60 \pm 1,37	13,37 \pm 2,33	12,84 \pm 1,40	NS	NS	NS
C-18:1 n-9	43,15 \pm 1,26	43,61 \pm 1,60	41,36 \pm 1,70	41,99 \pm 1,38	NS	*	NS
C-18:1 n-7	3,86 \pm 0,27	3,87 \pm 0,46	3,51 \pm 0,49	3,49 \pm 0,32	NS	*	NS
C-18:2n-6	9,40 \pm 1,70	9,22 \pm 0,85	9,67 \pm 1,62	9,53 \pm 1,57	NS	NS	NS
C-18:3n-3	0,58 \pm 0,12	0,57 \pm 0,08	0,64 \pm 0,10	0,65 \pm 0,12	NS	NS	NS
C-20:1 n-9	0,79 \pm 0,07	0,74 \pm 0,13	0,85 \pm 0,07	0,88 \pm 0,10	NS	*	NS
C-20:2 n-6	0,45 \pm 0,07	0,43 \pm 0,10	0,43 \pm 0,10	0,48 \pm 0,08	NS	NS	NS
C-20:3 n-6	0,09 \pm 0,06	0,10 \pm 0,05	0,09 \pm 0,03	0,11 \pm 0,04	NS	NS	NS
C-20:4 n-6	0,58 \pm 0,23 ^{ab}	0,72 \pm 0,20 ^a	0,36 \pm 0,11 ^b	0,52 \pm 0,18 ^{ab}	*	**	NS
C-20:5 n-3	0,07 \pm 0,05	0,07 \pm 0,03	0,07 \pm 0,03	0,11 \pm 0,03	NS	NS	NS
C-22:4 n-6	0,09 \pm 0,13	0,09 \pm 0,04	0,06 \pm 0,05	0,14 \pm 0,05	NS	NS	NS
C-22:5 n-3	0,09 \pm 0,08 ^{ab}	0,11 \pm 0,05 ^{ab}	0,06 \pm 0,04 ^a	0,16 \pm 0,05 ^b	**	NS	NS
C-22:6 n-3	0,03 \pm 0,03	0,04 \pm 0,03	0,02 \pm 0,01	0,05 \pm 0,02	NS	NS	NS
AGS	37,21 \pm 1,61	37,09 \pm 1,71	39,62 \pm 2,95	38,56 \pm 1,18	NS	*	NS
AGM	51,41 \pm 1,24	51,61 \pm 2,22	48,96 \pm 2,24	49,67 \pm 1,67	NS	**	NS
AGP	11,38 \pm 2,14	11,30 \pm 1,01	11,42 \pm 1,81	11,71 \pm 2,04	NS	NS	NS

^a Niveles de significancia: NS, no significativo, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Medias con distintas letras en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,05$). AGS: Ácidos grasos saturados, AGM: Ácidos grasos monoinsaturados, AGP: Ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 4

Perfiles de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) (media \pm desviación típica) de la fracción de fosfolípidos de la carne de los dos tipos de lacón gallego [Lacón Gallego (LG) y Lacón Gallego Tradicional (LGT)]

	Músculos internos		Músculos externos		Efecto ^a		
	LG	LGT	LG	LGT	Pienso	Músculos	Interacción
C-14:0	0,35 \pm 0,11	0,34 \pm 0,27	0,49 \pm 0,36	0,43 \pm 0,24	NS	NS	NS
C-16:0	28,00 \pm 2,79 ^a	26,21 \pm 2,77 ^{ab}	28,68 \pm 0,63 ^a	24,07 \pm 2,02 ^b	**	NS	NS
C-16:1 n-9	0,20 \pm 0,08	0,09 \pm 0,07	0,23 \pm 0,12	0,17 \pm 0,10	*	NS	NS
C-16:1 n-7	0,78 \pm 0,20	0,86 \pm 0,33	1,21 \pm 0,74	0,99 \pm 0,32	NS	NS	NS
C-17:0	0,26 \pm 0,12	0,36 \pm 0,20	0,32 \pm 0,13	0,28 \pm 0,15	NS	NS	NS
C-17:1	0,18 \pm 0,07 ^{ab}	0,29 \pm 0,17 ^a	0,14 \pm 0,05 ^{ab}	0,09 \pm 0,03 ^b	NS	**	NS
C-18:0	10,90 \pm 0,65 ^a	8,58 \pm 0,80 ^b	10,13 \pm 0,63 ^{ac}	9,16 \pm 0,87 ^{bc}	***	NS	*
C-18:1 n-9	16,28 \pm 0,71	16,86 \pm 2,98	20,55 \pm 6,15	20,31 \pm 5,00	NS	*	NS
C-18:1 n-7	3,78 \pm 0,44	3,83 \pm 0,31	4,28 \pm 0,58	3,92 \pm 0,28	NS	NS	NS
C-18:2 n-6	30,61 \pm 1,58	32,50 \pm 2,82	28,07 \pm 4,62	30,44 \pm 3,46	NS	NS	NS
C-18:3n-3	0,44 \pm 0,14 ^a	0,70 \pm 0,11 ^b	0,47 \pm 0,07 ^a	0,73 \pm 0,15 ^b	***	NS	NS
C-20:1 n-9	0,19 \pm 0,08	0,24 \pm 0,08	0,29 \pm 0,18	0,28 \pm 0,11	NS	NS	NS
C-20:2 n-6	0,37 \pm 0,16	0,39 \pm 0,18	0,37 \pm 0,20	0,43 \pm 0,18	NS	NS	NS
C-20:3 n-6	0,55 \pm 0,23	0,67 \pm 0,30	0,38 \pm 0,23	0,71 \pm 0,19	*	NS	NS
C-20:4 n-6	6,07 \pm 1,39 ^{ab}	6,79 \pm 1,17 ^a	3,87 \pm 2,10 ^b	6,07 \pm 2,29 ^{ab}	*	*	NS
C-20:5 n-3	0,41 \pm ,21	0,22 \pm 0,16	0,19 \pm 0,20	0,26 \pm 0,14	NS	NS	NS
C-22:4 n-6	0,36 \pm 0,24	0,50 \pm 0,38	0,21 \pm 0,20	0,72 \pm 0,34	*	NS	NS
C-22:5 n-3	0,55 \pm 0,29	0,56 \pm 0,38	0,24 \pm 0,22	0,77 \pm 0,39	NS	NS	NS
C-22:6 n-3	0,17 \pm 0,21	0,15 \pm 0,11	0,08 \pm 0,10	0,16 \pm 0,12	NS	NS	NS
AGS	39,50 \pm 2,95 ^a	35,48 \pm 2,57 ^b	39,62 \pm 0,62 ^a	33,95 \pm 2,57 ^b	***	NS	NS
AGM	21,42 \pm 0,96	22,16 \pm 3,39	26,7 \pm 6,58	25,75 \pm 5,26	NS	*	NS
AGP	39,22 \pm 2,53 ^{ab}	42,23 \pm 4,30 ^a	33,76 \pm 6,84 ^b	40,30 \pm 5,42 ^{ab}	*	NS	NS

^a Niveles de significancia: NS, no significativo, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Medias con distintas letras en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,05$). AGS: Ácidos grasos saturados, AGM: Ácidos grasos monoinsaturados, AGP: Ácidos grasos poliinsaturados.

del total de grasa saturada, y una mayor cantidad de ácido linoleico, ácido linolénico (C-18:3n-3), C-20:3n-6, ácido araquidónico (C-20:4n-6) y C-22:4n-6 y, consecuentemente, de grasa poliinsaturada que LG.

Coutron-Gambotti *et al.* (1998) señalaron un mayor porcentaje de ácido linoleico en cerdos alimentados con castaña que en los alimentados con un pienso concentrado, incluso aunque la castañas y el pienso mostraran similares composiciones de ácidos grasos; estos autores lo explicaron por los mecanismos de regulación de la síntesis de novo de los ácidos grasos a partir de carbohidratos y por los procesos de elongación e instauración de los ácidos grasos endógenos y de los aportados por la alimentación. En nuestro caso, la adición de castañas al pienso puede provocar el mismo efecto: la materia seca de este fruto contiene un alto porcentaje de almidón (más del 50%) y de sacarosa (entre 8 y 25%) (De la Montaña-Miguel *et al.*, 2004; Pereira-Lorenzo *et al.*, 2006). Sin embargo, también es posible que influya en cierta medida el menor grado de oxidación de los lacones LGT en relación a los LG, que hace que disminuya el porcentaje de poliinsaturados en los lacones LG, sobre todo en los músculos externos.

La composición de ácidos grasos de la fracción de ácidos grasos libres se muestra en la tabla 5. Los ácidos grasos principales de esta fracción son el linoleico (25-33%), palmítico (20-28%), oleico

(19-29%), esteárico (7-8%) y araquidónico (4-9%). Dicho perfil es más próximo al de fosfolípidos que al de los glicéridos, lo que parece indicar que los ácidos grasos libres proceden de la hidrólisis de los fosfolípidos. Los ácidos grasos libres de los músculos externos e internos de LGT mostraron un significativo mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados (individualmente de los ácidos C-18:2, C-18:3, C-20:3, C-20:4 y C-22:5) y menor de monoinsaturados (C-16:1n-7 y C-18:1n-9) y saturados (principalmente de C-16:0) que los de LG. Estos resultados pueden deberse al menor grado de oxidación de los lacones LGT en relación a los LG o a que, al proceder los ácidos grasos libres de los fosfolípidos, las diferencias observadas en éstos quedan también reflejadas en la fracción de ácidos grasos libres.

Los músculos internos presentaron una significativa mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados que los externos, lo cual puede deberse a que la oxidación afectó en mayor medida a estos ácidos grasos en la zona externa. No obstante, mientras que las diferencias entre ambas zonas de LG en el total de poliinsaturados fueron significativas (38,08% en la externa vs. 31,18% en la interna), en LGT las diferencias fueron menores y no significativas (46,16% vs. 42,43%), lo que parece confirmar la menor oxidación de LGT respecto a LG.

Tabla 5
Perfiles de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) (media \pm desviación típica) de la fracción de ácidos grasos libres de la carne de los dos tipos de lacón gallego [Lacón Gallego (LG) y Lacón Gallego Tradicional (LGT)]

	Músculos internos		Músculos externos		Efecto ^a		
	LG	LGT	LG	LGT	Pienso	Músculos	Interacción
C-14:0	0,65 \pm 0,15 ^a	0,82 \pm 0,26 ^{ab}	0,87 \pm 0,23 ^{ab}	1,05 \pm 0,13 ^b	*	**	NS
C-16:0	27,96 \pm 4,13 ^a	20,66 \pm 1,25 ^{bc}	23,19 \pm 1,88 ^b	19,49 \pm 1,14 ^c	***	**	*
C-16:1 n-9	0,71 \pm 0,19	0,69 \pm 0,32	0,77 \pm 0,30	0,79 \pm 0,12	NS	NS	NS
C-16:1 n-7	1,50 \pm 0,36 ^{ab}	1,19 \pm 0,30 ^a	2,55 \pm 0,65 ^c	1,74 \pm 0,24 ^b	**	***	NS
C-17:0	0,45 \pm 0,21	0,34 \pm 0,09	0,34 \pm 0,18	0,30 \pm 0,08	NS	NS	NS
C-17:1	0,41 \pm 0,27	0,24 \pm 0,06	0,31 \pm 0,20	0,25 \pm 0,08	NS	NS	NS
C-18:0	8,18 \pm 1,01	7,86 \pm 2,09	7,8 \pm 0,74	7,20 \pm 1,12	NS	NS	NS
C-18:1 n-9	19,10 \pm 2,19 ^{ab}	18,80 \pm 1,74 ^a	29,06 \pm 4,59 ^c	23,18 \pm 1,40 ^b	**	***	**
C-18:1 n-7	3,00 \pm 0,84	2,97 \pm 0,41	3,62 \pm 0,32	3,16 \pm 0,12	NS	*	NS
C-18:2 n-6	28,51 \pm 1,97 ^{ac}	32,71 \pm 2,38 ^b	24,61 \pm 2,93 ^a	29,38 \pm 1,88 ^c	***	***	NS
C-18:3 n-3	0,81 \pm 0,17 ^a	1,34 \pm 0,24 ^b	0,89 \pm 0,14 ^a	1,36 \pm 0,15 ^b	***	NS	NS
C-20:1 n-9	0,32 \pm 0,17	0,33 \pm 0,06	0,4 \pm 0,26	0,4 \pm 0,08	NS	NS	NS
C-20:2 n-6	0,31 \pm 0,22	0,26 \pm 0,09	0,31 \pm 0,13	0,27 \pm 0,11	NS	NS	NS
C-20:3 n-6	0,72 \pm 0,16 ^a	1,00 \pm 0,10 ^a	0,31 \pm 0,23 ^b	0,82 \pm 0,19 ^a	***	***	NS
C-20:4 n-6	5,62 \pm 1,54 ^a	8,64 \pm 0,93 ^b	3,91 \pm 1,19 ^a	7,65 \pm 0,32 ^b	***	**	NS
C-20:5 n-3	0,68 \pm 0,14	0,71 \pm 0,22	0,62 \pm 0,22	0,57 \pm 0,17	NS	NS	NS
C-22:4 n-6	0,31 \pm 0,27	0,69 \pm 0,20	0,63 \pm 0,46	0,81 \pm 0,48	NS	NS	NS
C-22:5 n-3	0,72 \pm 0,46 ^{ab}	1,39 \pm 0,25 ^c	0,47 \pm 0,36 ^a	1,19 \pm 0,27 ^{bc}	***	NS	NS
C-22:6 n-3	0,41 \pm 0,25	0,28 \pm 0,03	0,09 \pm 0,02	0,32 \pm 0,17	NS	NS	**
AGS	37,23 \pm 4,26 ^a	29,63 \pm 2,48 ^{bc}	32,22 \pm 2,07 ^b	27,93 \pm 2,23 ^c	***	**	NS
AGM	25,04 \pm 3,13 ^{ac}	24,15 \pm 2,03 ^a	36,64 \pm 5,26 ^b	29,53 \pm 1,39 ^c	**	***	*
AGP	38,08 \pm 3,92 ^a	46,16 \pm 2,57 ^b	31,18 \pm 4,52 ^c	42,43 \pm 2,14 ^{ab}	***	***	NS

^a Niveles de significancia: NS, no significativo, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Medias con distintas letras en la misma fila difieren significativamente ($p < 0,05$). AGS: Ácidos grasos saturados, AGM: Ácidos grasos monoinsaturados, AGP: Ácidos grasos poliinsaturados.

4. CONCLUSIONES

La inclusión de castañas y pulpa de remolacha en la alimentación del cerdo modifica ciertos aspectos de la composición lipídica de los músculos externos e internos de los lacones gallegos, originando un aumento de la proporción de ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos y ácidos grasos libres y un descenso de los niveles de oxidación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto 1FD97-2198 cofinanciado por la Comisión Interministerial de Investigación Científica y Técnica (CICYT) y la Unión Europea (Programa FEDER).

REFERENCIAS

- Allain CC, Pon LS, Chan CSG, Richmond W, Fu PC. 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.* **20**, 470-475.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis, 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Beaubatie L. 1979. Study of lipids, particularly fatty acids, of *Castanea sativa* (Miller) fruit. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux* **118** (3-4) 109-114.

Cobos A, Veiga A, Díaz O. 2003. Evaluación sensorial del Lacón Gallego de Indicación Geográfica Protegida después del tratamiento culinario. *II Congreso Mundial del Jamón sobre ciencia, tecnología y comercialización*. P/47. Cáceres.

Cobos A, Veiga A, Díaz O. 2004. Effects of culinary treatment (desalting and boiling) on chemical and lipid composition of dry-cured forelegs. *Meat Sci.* **68**, 411-418.

Comisión de las Comunidades Europeas. 2001. Reglamento (CE) número 898/2001, de 7 de mayo, que completa el anexo del Reglamento (CE) núm. 2400/1996 de 17 de diciembre de 1996, relativo a la inscripción de determinadas denominaciones en el registro de Denominaciones de Origen Protegidas establecido en el Reglamento (CEE) núm. 2081/1992 de 14 de julio de 1992, del consejo, relativo a la protección de las indicaciones geográficas y de las denominaciones de origen de los productos agrícolas y alimenticios. *Diario Oficial L* **126**, 18-19.

Coutron-Gambotti C, Gandemer G, Casabianca F. 1998. Effects of substituting a concentrated diet for chestnuts on the lipid traits of muscle and adipose tissues in Corsican and Corsican x Large White pigs reared in a silvo-pastoral system in Corsica. *Meat Sci.* **50**, 163-174.

De La Montaña-Míguez J, Míguez-Bernárdez M, García-Queijeiro JM. 2004. Composition of varieties of chestnuts from Galicia (Spain). *Food Chem.* **84**, 401-404.

Desmaison AM, Adrian J. 1986. The role of the chestnut in nutrition. *Med. Nutr.* **22**, 174-176, 178-180.

Gandemer G. 2002. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Sci.* **62**, 309-321.

- Hanson SWF, Olley J. 1963. Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates. *Biochem. J.* **89**, 101P-102P.
- Hoelscher LM, Savell LW, Smith SB, Cross HR. 1988. Subcellular distribution of cholesterol within muscle and adipose tissue of beef loin steaks. *J. Food Sci.* **53**, 718-722.
- Kaluzny M, Duncan LA, Merritt MV, Epps DE. 1985. Rapid separation of lipid classes in high yield and purity using bonded phase columns. *J. Lipid Res.* **26**, 135-140.
- Kim YC, Kim, MY, Chung SK. 2002. Phenolic acid composition and antioxidative activity of chestnut endoderm. *Han'guk Nonghwa Hakhoechi* **45** (3) 162-167.
- Marra AI, Salgado A, Prieto B, Carballo J. 1999. Biochemical characteristics of dry-cured lacón. *Food Chem.* **67**, 33-37.
- Pereira-Lorenzo S, Ramos-Cabrera AM, Diaz-Hernandez MB, Ciordia-Ara M, Rios-Mesa D. 2006. Chemical composition of chestnut cultivars from Spain. *Sci. Horticulturae* **107**, 306-314.
- Pikul J, Lesczynski DE, Kummerow FA. 1983. Elimination of sample autoxidation by butylated hydroxytoluene additions before thiobarbituric acid assay for malonaldehyde in fat from chicken meat. *J. Agric. Food Chem.* **31**, 1338-1342.
- Ribeiro B, Rangel J, Valentão P, Andrade PB, Pereira JA, Bólke H, Seabra RM. 2007. Organic acids in two Portuguese chestnut (*Castanea sativa* Miller) varieties. *Food Chem.* **100**, 504-508.
- Roeschlau P, Bernt E, Gruber WA. 1974. Enzymatic determination of total cholesterol in serum. *Clin. Chem. Clin. Biochem.* **12**, 226.
- Vaghela MN, Kilara A. 1995. A rapid method for extraction of total lipids from whey protein concentrates and separation of lipid classes with solid phase extraction. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **72**, 1117-1121.
- Veiga A, Cobos A, Ros C, Díaz O. 2003. Chemical and fatty acid composition of "Lacón gallego" (dry-cured pork foreleg): differences between external and internal muscles. *J. Food Comp. Anal.* **16** (2) 121-132.
- Ventanas S, Ventanas J, Tovar J, García C, Estévez M. 2007. Extensive feeding versus oleic acid and tocopherol enriched mixed diets for the production of Iberian dry-cured hams: effect on chemical composition, oxidative status and sensory traits. *Meat Sci.* **77**, 246-256.
- Yook GJ, Lee HJ, Kim MK. 2002. Effect of chestnut and acorn on lipid metabolism, antioxidative capacity and antithrombotic capacity in rats. *Hanguk Yongyang Hakhoechi* **35** (2) 171-182.

Recibido: 4/10/07
Aceptado: 15/11/07